

Pemanfaatan Biomassa dan Limbah Peternakan untuk Pembuatan Pupuk Organik Berasam Humat Tinggi

Utilization of Biomass and Livestock Waste for Producing Organic Fertilizers Containing High Yield of Humic Acid

Fitria Fatichatul Hidayah, Muhamad Imaduddin

Program Studi Pendidikan Kimia Universitas Muhammadiyah Semarang

Jl. Kedungmundu Raya no 22 Semarang Jawa Tengah Indonesia

fitriafatichatul@gmail.com

Abstract: Fertilizers used by farmers today is artificial fertilizers (inorganic). The use of artificial fertilizer would cause the soil structure damaged due to artificial fertilizer will only provide nutrients to plants without regard to the soil fertility. Finally, food productivity will decrease and food security will be so weak. To overcome this, there needs to be a good fertilizer that meets nutrient for plants and soil. To overcome this, a good fertilizer that meets nutrient for plants and soil is very necessary. The use of biomass and farm waste to increase the value of agricultural wastes is so potential to be organic fertilizer. Composting organic materials can produce humic acid. Humic acid is able to absorb nutrients from the environment exploited by plant roots and transferred into the root cap. The purpose of study is to produce humic acid from agricultural and livestock waste. The method of this study is the extraction. Stages of this study are preparation, composting, humic acid isolation, and purification of humic acid. The results of this study showed the highest levels of humic acid is 48.08%.

Keywords: Organic fertilizers, biomass, humic acid, livestock waste

1. PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara yang potensial yang berperan besar dalam mengatasi krisis pangan dunia. Namun, Indonesia masih mengalami dua bentuk krisis pangan, yakni krisis pangan secara berkala dan kronis. Krisis pangan yang terjadi disebabkan oleh beberapa faktor seperti kebijakan pemerintah, faktor iklim dan tanah. Salah satu peran kebijakan pemerintah dalam krisis pangan adalah meningkatnya pembangunan infrastruktur berupa gedung dan jalan pada lahan pertanian sehingga lahan pertanian semakin sempit. Serta laju konversi lahan yang tidak terkendali dan kurang tepat dalam pemanfaatannya sehingga berakibat terhadap semakin menyempitnya lahan pertanian. Kebijakan pemerintah yang juga turut menjadi penyebab krisis pangan adalah tidak intensifnya pemerintah dalam memperhatikan para petani padi dan jagung sehingga membuat para petani mengalihkan tanaman pangannya dengan bertani non padi dan jagung. Sedangkan faktor iklim yang tidak menentu akibat adanya “global warming” mengakibatkan pada pola pertanian tidak teratur. Sehingga hasil pertanian menjadi turun dan kualitas pangan yang dihasilkan buruk.

Terdapat dua solusi yang harus dilakukan untuk menanggulangi permasalahan tersebut, yaitu melalui peningkatan produktivitas bahan pangan utama seperti beras dan jagung atau dengan peningkatan produktivitas pengganti bahan pangan utama. Akan tetapi berdasarkan kultur dan selera masyarakat Indonesia yang sudah terbentuk, makanan pokok sebagai pengganti beras dan jagung tidak cocok dan tidak terlalu disukai oleh masyarakat. Hal ini tentu saja mengakibatkan substitusi terhadap bahan makanan pokok lain tidak dapat berkembang. Oleh karena itu usaha terbaik dalam menanggulangi krisis pangan adalah meningkatkan produktivitas padi dan jagung. Akan tetapi peningkatan produktivitas pangan padi dan jagung menyebabkan meningkatnya limbah biomassa pertanian. Pemanfaatan limbah biomassa dapat digunakan sebagai pakan ternak, akan tetapi karena jumlah biomassa tersebut banyak sehingga tidak termanfaatkan dengan baik. Pemanfaatan limbah biomassa sebagai pakan ternak juga akan menghasilkan limbah peternakan. Pemanfaatan limbah biomassa dan limbah peternakan mampu bersinergi untuk mengentaskan krisis pupuk.

Dalam meningkatkan produktivitas pangan utama tersebut, salah satu upaya yang dilakukan

para petani adalah dengan meningkatkan pemupukan. Pupuk yang digunakan para petani saat ini adalah pupuk hasil pabrik (anorganik). Menurut Nuryani (2003) penggunaan pupuk buatan pabrik semakin tinggi takarannya akan menyebabkan struktur tanah menjadi rusak karena pupuk buatan pabrik hanya akan memberi nutrient pada tanaman tanpa memperhatikan kesuburan tanah sehingga produktivitas pangan menurun dan ketahanan panganpun menjadi lemah. Maka untuk mengatasi hal tersebut perlu adanya pupuk yang memenuhi nutrient baik untuk tanaman maupun tanah.

Bertolak dari permasalahan diatas, penelitian ini mencoba merealisasikan upaya yang harus dilakukan yaitu dengan membuat pupuk organik. Untuk mendapatkan pupuk organik tersebut maka dilakukan pengomposan dengan bahan baku berasal dari limbah organik pertanian yaitu berupa jerami dan jagung. Jerami dan tongkol jagung dapat dibuat kompos dengan menambahkan kotoran ternak dan mikroorganisme pengurai. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh ahmad (1989), heryanti (2006), Tan (1996), McKnight *et al* (2001) pengomposan bahan organik dapat menghasilkan asam humat. Asam humat mampu menyerap unsur hara yang dimanfaatkan oleh tanaman sehingga menguntungkan produksi tanah dan tanaman karena dapat menyuburkan tanah (Bio Ag Technologies International, 1999).

2. DASAR TEORI

2.1. Hubungan kesuburan tanaman, hasil samping tanaman dan pupuk

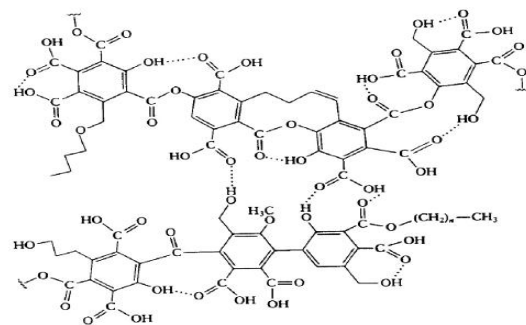
Tanah butuh nutrient berupa asam humat, asam humat dapat diperoleh dari bahan organik seperti jerami dan tongkol jagung. Bahan organik tersebut perlu pengomposan agar dapat memproduksi humus. Senyawa yang sangat berperan dalam produksi humus adalah asam humat. Struktur molekul asam humat dapat menguntungkan produksi tanah dan tanaman. Asam humat mampu memecah lempung dan menyuburkan tanah (Bio Ag Technologies International, 1999), berfungsi sebagai gudang penyimpanan hara kemudian hara tersebut dilepaskan dan dimanfaatkan oleh tanaman. Dengan memanfaatkan limbah biomassa dan limbah peternakan sebagai pupuk organik maka dapat meningkatkan produktivitas bahan pangan utama seperti beras atau jagung.

2.2. Asam Humat

Senyawa humat tanah dapat digolongkan menjadi (1) asam humat yang larut dalam basa (2) Asam fulfat yang larut dalam suasana asam maupun basa, dan (3) humin yang tidak larut dan bersifat inert (Tan, 1995). Senyawa humat merupakan hasil biodegradasi lanjut dari lignin akibat tanah pengaruh bakteri dalam tanah lembab ataupun yang berair. Proses degradasi melibatkan proses (1) demetilasi gugus $-OCH_3$, menghasilkan gugus OH^- fenolat, (2) oksidasi gugus $-CH_2OH$ pada cincin terminal lignin membentuk $-COOH$, dan (3) pemecahan cincin aromatik lignin menghasilkan $-CH_2OH$, $-COH$, maupun $-COOH$. Demetilasi dan oksidasi mengakibatkan tingginya kandungan gugus $-COOH$ dan OH^- fenolat. Proses biodegradasi lignin selalu disertai dengan pelepasan CO_2 . Pelepasan CO_2 menyebabkan penurunan kadar oksigen dan karbon pada senyawa humat (Rahmanto, 2004)

Asam humat merupakan bahan makromolekul polielektrolit yang memiliki gugus fungsional $-COOH$, $-OH$ fenolat, maupun $-OH$ alkoholat. Sehingga asam humat membentuk kompleks dengan ion logam karena gugus ini dapat mengalami deprotonasi pada pH yang relatif tinggi. Menurut Swift (1989), deprotonasi gugus-gugus fungsional asam humat akan menurunkan kemampuan pembentukan ikatan hidrogen, baik antar molekul maupun sesama molekul dan meningkatkan jumlah muatan negatif gugus fungsional asam humat, sehingga akan meningkatkan gaya tolak menolak antar gugus dalam molekul asam humat.

Studi struktur senyawa-senyawa humat telah banyak dilakukan dan dilaporkan oleh beberapa peneliti, tetapi struktur tersebut masih merupakan struktur hipotetik, seperti tampak pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.1. Komposisi dan struktur asam humat yang didominasi oleh asam fulfat turunan lignin.

Asam humat dalam meningkatkan kesuburan tanah dipengaruhi oleh: (1) atraksi elektrostatis atau tolakan muatan yang ada dalam molekul, (2) ikatan hidrogen sesama dan antar molekul. Secara umum, komposisi bahan organik tanah didominasi oleh fraksi humin yang berat molekulnya sangat besar, fraksi asam humat yang berat molekulnya sedang, dan fraksi asam fulfat yang berat molekulnya lebih rendah. Asam humat adalah fraksi yang larut dalam lakali tetapi tidak larut dalam asam atau air. Asam humat mampu berinteraksi dengan ion logam, oksida dan hidroksida mineral karena mengandung gugus fungsional aktif seperti karboksil, fenol, karbonil, hidroksida, alkohol, amino, kuinon dan metoksil, serta bentuknya yang berpori sehingga memiliki luas permukaan yang besar. Asam ini berpengaruh kuat terhadap kapasitas penyerapan tanah (Stevenson, 1994).

2.3. Karakter senyawa asam humat

Asam humat memiliki komposisi 40-60% karbon, 30-50%, 1-4% nitrogen, 1-2% sulfur, dan 0-0,3% fosfor. Asam humat mengandung lebih banyak hidrogen, karbon, nitrogen, dan sulfur. Kadar oksigen asam humat lebih sedikit dibanding asam fulfat (Gaffney, 1996).

Tabel 2.1. Komposisi unsur penyusun asam humat yang diisolasi

Unsur	HA-IHSS	Angka Literatur untuk HA	
		Rata-rata	Rentang
C	44,86	55,50	37,18-64,10
H	4,82	4,80	1,64-8,00
N	2,66	3,60	0,50-7,00
S	0	0,80	0,1-4,88
O	47,66	36,00	27,1-51,98

Keasamaan total atau kapasitas tukar senyawa-senyawa humat dalam tanah disebabkan oleh adanya proton pada gugus karboksilat aromatik, alifatik, dan gugus -OH fenolat yang terdisosiasi atau ion-ion H^+ . Secara umum asam humat dicirikan oleh lebih rendahnya keasamaan total dan kandungan gugus karboksilat 2-3 kali lebih tinggi dibandingkan pada asam humat (Rahmawati, 2004).

3. METODE

3.1. Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan adalah gelas standar, mesin limbah biomassa, sentrifuse berkemampuan

putar 15.000 rpm, pH-meter, neraca analitik, shaker, oven, pengaduk magnetik, spektrofotometer FTIR, dan spektroskopi UV-Vis.

Bahan-bahan yang diperlukan meliputi aquades limbah biomassa, limbah peternakan, kertas saring whatman. Reagen NaOH, HCl, KOH, KCl, HF, $AgNO_3$, $Ba(OH)_2$, dan $Mg(CH_3COO)_2$.

3.2. Prosedur Penelitian

3.2.1. Preparasi Sampel

Penghancuran limbah biomassa dan limbah peternakan menggunakan mesin penghancur

3.2.2. Pengomposan

Pengomposan dilakukan dengan cara pencampuran air, limbah ternak kambing. Limbah biomassa, sumber bakteri dengan tingkat kebasahan 50%. Selanjutnya bahan campuran tersebut difermentasi.

3.2.3. Isolasi asam Humat

Asam humat hasil pengomposan diekstraksi memakai larutan NaOH selama 30. Supernatan yang terbentuk didekantasi, pengasaman sampai pH = 1, pendiaman selama 16 jam sampai terbentuk 2 lapisan. Lapisan bawah diperkirakan sebagai asam humat. Pemisahan asam humat dilakukan melalui sentrifugasi berkecepatan 15.000 rpm. Padatan coklat tua kehitam-hitaman yang memisah ke ujung bawah sentrifuse di ambil sebagai asam humat kotor.

3.2.4. Pemurnian Asam Humat

Pemurnian Asam humat kotor dengan larutan KOH. Larutan kemudian ditambahkan KCl dan diaduk selama 30 menit memakai shaker. Asam humat dipisahkan dari pengotornya melalui presipitasi. Dalam supernatan dituangkan larutan HCl hingga pH turun menjadi 1. Campuran didiamkan selama 16 – 18 jam hingga terbentuk 2 lapisan. Sentrifugasi berkecepatan 15.000 rpm selama 10 menit mengendapkan padatan coklat tua kehitam-hitaman ke ujung tabung sentrifuse. Setelah ditapis, padatan dimasukkan ke dalam botol plastik berisi campuran larutan HCl dan HF, lalu digojo selama 20 menit. Setelah didiamkan 24 jam pada temperatur kamar, campuran kemudian disentrifugasi berkecepatan 5.000 rpm selama 10 menit. Endapan asam humat dipisahkan, lalu dibilas berulang-ulang memakai aquades. Pembilasan dihentikan apabila aquades bilasan tidak lagi menunjukkan endapan putih ketika dites menggunakan larutan $AgNO_3$. setelah proses



pemurnian selesai, asam humat di karakterisasi berdasarkan metode spektrofotometri inframerah.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk membuat pupuk organik melalui proses pengomposan dari limbah biomassa dan limbah peternakan. Asam humat sebagai parameter nilai yang terkandung dalam pupuk. Asam humat dapat diisolasi melalui perendaman alkalis dan diuji secara kualitatif dan kuantitatif.

4.1. Pengomposan Biomassa dan Limbah Ternak

Biomassa dan limbah ternak merupakan bahan organik yang dapat menghasilkan kompos melalui proses pengomposan. Dalam pengomposan pengaturan dan pengontrolan asam humat diperoleh dari protein asal mikroorganisme yang bergabung dengan hasil perubahan lignin membentuk kompleks ligno-protein yang menjadi inti struktur asam humat. Pada saat pengomposan suhu, aerasi, dan pH dijaga agar mikroba tetap hidup. Temperatur tinggi melebihi temperatur maksimum dapat menyebabkan denaturasi protein dan enzim sehingga metabolisme terhenti. Dengan nilai temperatur yang melebihi maksimum, mikroba mengalami kematian. Untuk menumbuhkan mikroba pada media memerlukan pH yang konstan, terutama pada mikroba yang dapat menghasilkan asam.

Pada penelitian ini digunakan EM4 dan kotoran hewan sebagai sumber mikroba pengurai. Mikroba tersebut membutuhkan oksigen dari luar karena bakterinya bersifat aerob. Komposisi antara air dengan bahan baku harus seimbang, ketidak seimbangan antara keduanya dapat menyebabkan lamanya proses pengomposan serta hasil asam humat yang tidak maksimal. Pengomposan tongkol jagung lebih sukar dibandingkan dengan pengomposan jerami, hal ini disebabkan karena komposisi dari tongkol jagung tersebut memiliki serat kasar yang lebih tinggi dibanding jerami. Ekstrak hasil pengomposan memiliki warna dan sifat yang berbeda-beda (Tabel 4.1), sehingga menghasilkan kualitas dan kuantitas asam humat yang berbeda.

Proses pengomposan membutuhkan waktu 1,5 bulan, lama waktu pengomposan disebabkan jenis bahan baku yang sukar terdegradasi oleh bakteri, timbulnya ulat yang banyak sehingga mengganggu proses pengomposan. Pengamatan pH pada awal pengomposan sebesar 7, selama proses pengomposan pH 4-5 (merupakan pH bakteri untuk melakukan

proses fermentasi), kemudian tahap akhir pengomposan pH 4.

4.2. Pembentukan humus

Sisa-sisa organik yang ditambahkan ke dalam tanah tidak dapat diuraikan secara keseluruhan, tetapi konstituen kimianya diuraikan sendiri tak bergantung pada yang lain. Dalam pembentukan humus dari sisa-sisa tanaman terdapat reduksi yang cepat dari konstituen yang larut dalam air, selulosa, dan hemiselulosa. Lignin mempunyai struktur cincin enam karbon yang tahan terhadap penguraian secara enzimatik. Reaksi lignin dengan asam-asam amino dan substitusi lain membentuk senyawa yang sangat resisten dan meningkatkan akumulasi bahan-bahan lignin dan protein dalam humus. Pemasukan bahan-bahan organik ke dalam matriks mineral tanah liat dari tanah mungkin menyebabkan bahan organik tidak dapat digunakan selama bertahun-tahun. Bentuk humus ini, yang menyusun bagian terbesar humus, menyumbangkan hanya sedikit hara bagi pertumbuhan tanaman satu yang lain. Bahan yang umumnya disebut humus meliputi asam humat merupakan bahan makromolekul polielektrolit yang memiliki gugus fungsional seperti $-\text{COOH}$, $-\text{OH}$ fenolat maupun $-\text{OH}$ alkoholat sehingga asam humat memiliki peluang untuk membentuk kompleks dengan ion logam karena gugus ini dapat mengalami deprotonasi pada pH yang relatif tinggi. Menurut Swift (1989), deprotonasi gugus-gugus fungsional asam humat akan menurunkan kemampuan pembentukan ikatan hidrogen, baik antar molekul maupun sesama molekul dan meningkatkan jumlah muatan negatif gugus fungsional asam humat, sehingga akan meningkatkan gaya tolak menolak antar gugus dalam molekul asam humat.

Efek humus pada tersedianya unsur hara yaitu kemampuan koloida ini, kalau dijenuhkan dengan ion H^+ untuk menaikkan tersedianya unsur-unsur humus, mirip dengan H-lempung, yang bekerjanya seperti kebanyakan asam dan dapat bereaksi dengan mineral tanah dengan cara sedemikian rupa sama dengan kalau mineral itu melepaskan basa.

4.3. Isolasi dan Pemurnian Asam Humat

Ekstraksi asam humat dari pengomposan tongkol jagung dan jerami Jagung telah dilakukan berdasarkan metode perendaman alkalis. Asam humat mampu meningkatkan kesuburan tanah karena asam humat membantu pengemburan tanah liat dan tanah yang keras, membantu pentransferan mikronutrien dari tanah ke tanaman, meningkatkan penyerapan air, mempercepat perkecambahan biji,

perembesan dan menstimulasi pertumbuhan mikroflora di dalam tanah, sehingga asam humat biasa ditambahkan ke dalam pupuk.

Terdapat 3 macam senyawa humin sebagai hasil dari pengomposan tetapi ketiganya dapat dipisahkan berdasarkan sifat kelarutannya. Asam humat larut dalam alkali sehingga isolasi asam humat dilakukan dengan metode alkalis. Fraksi humin selain asam humat tidak larut dalam alkalis dan dapat mengendap ketika dilarutkan dalam basa. Asam humat kotor dapat diperoleh melalui pengendapan yaitu dengan menambahkan asam sampai pH = 1, asam humat yang diperoleh dalam bentuk garam berupa natrium humat.

Asam humat kotor yang diperoleh dimurnikan dengan melarutkan dalam KOH dan ditambahkan KCl. KOH merupakan larutan alkalis sehingga dapat melarutkan asam humat dari senyawa humin lainnya dan dapat memaksimalkan kemurnian asam humat. KCl sebagai penyerap air dalam pemurnian asam humat dilakukan secara bertingkat sehingga lautan menjadi lebih pekat. Endapan asam humat dikatakan murni apabila tidak lagi menunjukkan endapan putih ketika di tambahkan AgNO_3 pada air bilasan, hal tersebut menandakan bahwa sudah tidak ada fraksi humin selain asam humat. Senyawa fumat dan humin dapat bereaksi tollens dengan AgNO_3 membentuk endapan putih.

Proses humifikasi menurut Trusov adalah: (1) dekomposisi hidroletik sisa tumbuhan, (2) hasil dekomposisi hidrolitik disintesis menjadi zat aromatik sederhana, (3) oksidasi ensimatik membentuk hidroquinon[quinol, $\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})_2$], dan (4) kondensasi quinol menjadi asam humat yang berwarna gelap. Jagung dan jerami mengandung lignin, protein, dan karbohidrat yang berguna sebagai bahan dasar asam humat. Dekomposisi lignin menghasilkan perubahan lignin dan quinol, dekomposisi protein menghasilkan asam atau senyawa amino, quinol. Polimerisasi gula, asam atau senyawa amino, quinol, dan ubahan lignin membentuk inti asam humat. Protein dari mikroorganisme bergabung dengan hasil dekomposisi lignin membentuk kompleks ligno-protein yang menjadi inti struktur asam humat.

Table 4.2 Perolehan isolasi asam humat pada hasil pengomposan.

Kode	Volume hasil pengomposan (mL)	Kadar asam humat	
		(mg)	(%)
I	100	32,67	32,67
II	100	19,82	19,82
III	100	3,92	3,92
IV	100	4,37	4,37
V	100	6,73	6,73

Kode	Volume hasil pengomposan (mL)	Kadar asam humat	
		(mg)	(%)
VI	100	17,12	17,12
VII	100	8,39	8,39
VIII	100	35,78	35,78
IX	100	24,43	24,43
X	100	48,08	48,08

Berdasarkan table 4.2 dapat disimpulkan bahwa kadar asam humat ditentukan oleh bahan awal, dekomposer dan kualitas air. Kotoran ternak dapat membantu pengomposan, karena mikroba pengurai dalam kotoran ternak lebih banyak dibandingkan pada EM4. Penggunaan air selokan mempercepat fermentasi dibandingkan air keran, hal ini berarti bahwa dalam air selokan terdapat bakteri pengurai yang membantu degradasi lignin. Kadar asam humat sebagai hasil pengomposan tertinggi adalah 48,08% dan tidak mencapai 100 % karena waktu fermentasi kurang lama sehingga masih ada prazat yang belum terurai sempurna membentuk asam humat.

5. KESIMPULAN

- Air selokan dan kotoran ternak mengandung bakteri pengurai yang dapat membantu proses fermentasi sehingga asam humat yang diperoleh menjadi lebih banyak daripada sampel yang menggunakan EM4 dan air keran.
- Kadar asam humat tertinggi yang dihasilkan selama 1,5 bulan masa pengomposan adalah 48,08%.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Alimin. (1985). Fraksinasi Asam Humat Dan Pengaruhnya Pada Kelarutan Ion Logam Seng (II) Dan Kadmium (II), *Jurnal Ilmu Dasar Vol. 6* (1): 1-6.
- Fachri, A. (1989). *Penyipatan Asam Humat Dari Tanah Gambut Dan Potensinya Dalam Mengikat Besi (Fe) Pada Tanah Sawah Buka-an Baru*. *Jurnal Acta Agrosia Vol.9*(2): 94-101.
- Harvey. (1992). *Potensi Dan Faktor Pembatas Pemanfaatan Limbah*.
- Higuchi. (1980). Metode Pengolahan Limbah Untuk Pakan Ternak.
- Tandon, H.L.S. (1990). Where Rice Devours the Land. *Ceres 126*: 25-29.
- Martopo. (1991). *Dampak Limbah Industri Pada Lingkungan Hidup*. Kumpulan Catatan Pribadi, PPLH. UGM, Yogyakarta.



- McKnight. (2001). *An Introduction to Humic Substance in Soil, Sediment and Water, Geochemistry, Isolation, and Characterization*. New York: John Wiley & Son.
- Notohadiprawiro. (1998). *Nilai Pupuk Sari Kering Limbah Kawasan Industri dan Dampak Penggunaanya Sebagai Pupuk Atas Lingkungan*. Ilmu pertanian (IV) 7 361-384 Hewlitt Packard 8507-0407, Avondale – USA.
- Nursyamsi. (1997). Penggunaan Bahan Organik Untuk Meningkatkan Efisiensi Pupuk N Pada Ultisol Sitiung. *Prosiding Kongres Nasional VI HITI*. Jakarta, 12-15 Desember 1995.
- Rahmawati, A. (2004) *Studi Adsorpsi K0ad1.mium(II) dan Timbal(II) pada Asam Humat*, Unpublished Thesis, UGM, Yogyakarta.
- Adiningsih, S. (1993). *Alternatif Teknik Rehabilitasi Dan Pemanfaatan Lahan Alang-Alang*. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Badan Litbang Pertanian.
- Nuryani, S. (2003). Sifat Kimia Entisol Pada Sistem Pertanian Organik Chemical Properties In Organic And Conventional Farming System *Ilmu Pertanian Vol. 10* (2): 63-69.
- Subowo. (1997). Peranan Jenis Tanaman Legum Dalam Mempelajari Sifat Fisik Dan Kimia Tanah Pada Tanah Marginal (*T. Plinthudults*) Lampung Tengah. hlm. 375-382. *Prosiding Kongres Nasional VI HITI*. Jakarta, 12-15 Desember 1995.
- Stevenson. (1994). *Humus Chemistry Genesis, Composition and Reaction*. New York: John Wiley and Sons.
- Swift, R.S. (1989). Molecular Weight, Size, Shape, and Characteristics of Humic Acid, *Soil. Sci.* 62: 439-47.
- Tan. (1996). *Dasar-Dasar Kimia Tanah* terjemahan oleh Gunadi, D. H. & Radjagukguk, B. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Tan. K.H. (1986). *Degradasi Mineral Tanah Oleh Asam Organik*, Terjemahan oleh D. H. Goenadi, 1997, Hal: 1-40. Gadjah Mada University Press.
- Tan. K.H. (1994). *Environmental Soil Science*. Marcel Dekker, Inc. New York. Xiv 304.